

La reproduction végétative au secours des populations : 3 curiosités botaniques chez les cactées

La reproduction des végétaux a atteint un niveau de sophistication et une complexité qui sont absents du règne animal. Cette complexité ouvre la porte à de nombreuses possibilités de multiplication et de transmission de l'information génétique des individus : elle est la source de nombreuses innovations dans le mode de reproduction des plantes. Mais surtout, ces nombreux modes de diffusion de l'information génétique jouent un rôle majeur dans les mécanismes de spéciation et dans le modelage des populations.

La polyploïdisation (l'augmentation du nombre de chromosomes dans les cellules) tient une place centrale dans ces phénomènes de spéciation, principalement chez les opuntioideae. Même si elle est quasiment indétectable pour un observateur sur le terrain, elle a un fort impact sur la reproduction des organismes, et peut induire des coups d'accélérateur, ou au contraire des coups de frein, dans l'expansion des populations de plantes.

Une autre particularité des végétaux reste leur possibilité de multiplication végétative, et cette reproduction clonale peut prendre un caractère essentiel quand la reproduction sexuée n'est pas en mesure d'assurer la pérennité des populations.

A titre d'exemples, ci-dessous sont présentées 3 curiosités en matière de reproduction chez les cactées.

Consolea spinosissima



Consolea spinosissima (autrefois appelé *Opuntia spinosissima*) a le port caractéristique des *Consolea* : dans sa forme adulte il se compose d'un tronc cylindrique et épineux avec de longues cladodes plates, elles-mêmes très épineuses, disposées tout autour du tronc comme des bras, d'où son nom de cactus sémaphore. Il produit des fleurs rouge orangées.

Il s'agit d'une des plus rares espèces de cactées : en 1998, le recensement de la seule population connue, vivant en Floride, n'a dénombré que 13 plantes. Cette petite population est composée de plantes polyploïdes, ce qui est assez fréquent chez les Opuntioideae. Les analyses génétiques ont montré que tous les individus sont de patrimoine génétique identique, et sont donc des clones les uns des autres : la population est passée par un goulot d'étranglement et se serait (re)constituée à partir d'un individu unique.

Les plantes ne produisent que très rarement des graines, et la plupart du temps les fruits avortent avant maturation. Les études ont montré que, si le pollen (issu de la même plante ou d'une autre plante) germe bien sur le pistil des fleurs, le tube pollinique n'atteint que rarement la base du style. Dans les rares fleurs où le tube pollinique parvient à atteindre l'ovaire, il échoue à pénétrer dans l'ovule : le tube pollinique est bloqué dans sa croissance ou dévie à proximité du micropyle. Il existe donc un mécanisme qui empêche la fécondation.

En fait, les très rares graines produites par les plantes le sont par agamospermie, un processus de production de graines assez fréquent chez les cactées. Lors de l'agamospermie, une cellule diploïde de l'ovaire va former l'embryon de la graine, sans fécondation : il s'agit donc d'un embryon qui est le clone de la plante mère. En tous cas, aucune plantule issue d'une graine n'a été retrouvée dans l'habitat, et il semble que *C. spinosissima* ne se reproduise que de manière végétative : sans doute par boutures de cladodes ou enracinement des fruits avortés tombés à terre, ce qui est fréquent chez les opuntioideae.

Consolea spinosissima présenterait ce que l'on appelle une auto-incompatibilité prézygotique : le

génomique de tous les individus posséderait le même allèle d'auto-incompatibilité, qui ôte la possibilité au pollen de féconder des individus possédant ce même allèle.

En temps normal ce système est composé d'une large palette d'allèles répartis dans une population d'individus. Ces allèles génèrent ce que l'on appelle l'allogamie ou l'autostérilité, c'est à dire l'impossibilité pour une plante de s'autopolliniser. Les allèles identiques s'excluent l'un l'autre lors de la pollinisation mais, au sein d'une grande population, il y a toujours du pollen portant des allèles différents, et donc fécondant, qui arrive sur une fleur. Ce système d'auto-incompatibilité, largement répandu chez les plantes, favorise le brassage génétique avec d'autres individus lors de la reproduction.

Mais dans une population réduite à quelques individus identiques, *Consolea spinosissima* a été piégé par ce système, qui l'empêche maintenant de se reproduire par voie sexuelle. L'espèce illustre dramatiquement le concept biologique de dérive génétique : une population qui décroît, sans échange génétique avec l'extérieur, va perdre de l'information génétique à chaque génération des individus qui la composent, du fait de l'échantillonnage restrictif des génomes générations après générations. Dans le cas de *C. spinosissima*, la perte du panel d'allèles d'auto-incompatibilité la condamne à la stérilité.

Bien que ce taxon ait été largement diffusé vers des jardins botaniques ou des collectionneurs pour assurer sa survie, on peut douter que la seule multiplication végétative sera suffisante pour assurer la pérennité de l'espèce dans l'habitat, sans un plan de sauvegarde et de multiplication, et la préservation de son biotope.

Haageocereus tenuis



Il s'agit d'un cactus au port rampant que l'on ne trouve que sur une petite zone sableuse de 2 km² près de la ville de Lima, au Pérou. Cette population, estimée à 300 individus environ, a décliné de moitié depuis 24 ans, et cette tendance se poursuit, principalement à cause du développement urbain.

Si l'extrémité apicale et verte des plantes est érigée, l'essentiel des tiges cylindriques, grises à vert bleu et densément recouvertes d'épines, serpente sur le sol. Les plantes sont recouvertes de sable et de débris divers, isolées dans un milieu assez inhospitalier. Du fait que les floraisons sont rares, il

était supposé que la multiplication végétative est le principal mode de reproduction des plantes. Les tiges produisent des racines adventives au contact du sol, puis les segments de tiges se détachent de la plante mère et produisent de nouvelles plantes.

Le comptage du nombre de chromosomes a révélé dernièrement qu'avec 33 chromosomes *Haageocereus tenuis* est un taxon triploïde ($2n = 3x = 33$). Du fait de ce nombre impair de chromosomes, les plantes triploïdes peuvent difficilement conduire des méioses et produire des gamètes fonctionnels (pollen et ovule) : elles sont donc généralement stériles.

Les analyses génétiques conduites sur la population de *H. tenuis* montrent que le génotype des individus est très hétérogène mais que la variabilité des plantes, qui sont toutes des clones les unes des autres, est très restreinte. Du fait de la présence de fruits et de graines sur les plantes, une telle situation laisse supposer une reproduction par embryonie adventive en plus de la reproduction végétative.

L'embryonie adventive (un type d'agamospermie) est un mécanisme qui contourne la reproduction sexuée, en ce sens qu'il n'y a aucune fécondation à l'origine des graines : l'embryon de la graine est produit par des cellules somatiques du nucelle ou du tégument. C'est donc un clone de la plante mère, comme une bouture. L'embryonie nucellaire, seul mécanisme d'apomixie rapporté chez les cactées, conduit typiquement à la polyembryonie, c'est-à-dire à plusieurs embryons par graine. Ces embryons ont tendance à fusionner et, chez *H. tenuis*, les graines qui ont été mises en germination ont produit des plantules dont un tiers avait 3 cotylédons, ce qui est typique de la polyembryonie.

Toutes les constatations précédentes indiquent que *H. tenuis* est un taxon d'origine hybride sans doute récente. Du fait que la population est isolée et pousse loin d'espèces du même genre, les parents potentiels sont difficiles à déterminer et les circonstances de cette hybridation restent mystérieuses. Cette population monoclonale est sans doute à considérer comme une microespèce : une population de plantes à multiplication essentiellement uniparentale, morphologiquement homogène, différente des autres espèces, et occupant une aire géographique restreinte. Les microespèces sont souvent stériles du fait de leur origine hybride.

Chez *H. tenuis*, la faible production de graines par agamospermie permet peut-être de compléter une multiplication végétative par fragmentation des tiges qui est insuffisante pour permettre une dispersion de la population. Mais, comme avec l'espèce décrite précédemment, aucune germination n'a été mise en évidence dans le milieu naturel bien que les graines aient un bon taux de germination quand elles sont semées. Dans ce biotope inhospitalier, il est probable que les germinations ne soient possibles que dans des circonstances particulières, peut-être lors des années avec l'événement climatique « El niño », qui entraîne un sursaut de végétation dans les milieux très arides. En tout cas, la multiplication clonale, que ce soit par bouturage de tiges ou agamospermie, est la seule à assurer la survie de la population.

Cylindropuntia x kelvinensis

Si les 2 précédents exemples mettaient le doigt sur un caractère particulier de la reproduction des cactées, ce dernier exemple - assez complexe - mets en évidence l'intrication de nombreux caractères impliqués dans la reproduction des plantes, pour arriver à un résultat surprenant.



Cylindropuntia x kelvinensis, autrefois appelé *Opuntia x kelvinensis*, est comme le « x » l'indique, un hybride. Ses parents sont *Cylindropuntia fulgida* et *Cylindropuntia spinosior*, et tous sont répandus dans diverses régions du Texas et de l'Arizona jusqu'au Mexique.

Il s'agit de plantes buissonnantes et épineuses, dont les tiges sont constituées d'articles droits et cylindriques, fortement ramifiés. *C. x kelvinensis* et *C. fulgida* ont la particularité de se répandre très efficacement dans leur milieu à l'aide de propagules végétatives détachées des rameaux. Sur la photo ci-contre à droite, une chaîne de fruits chez *C. fulgida*, qui a la particularité de pouvoir prendre racine une fois tombée à terre, comme le font les segments de tiges.

Les plantes des populations de Florence, en Arizona, ont été largement étudiées. Au niveau morphologique, *C. x kelvinensis* est une plante intermédiaire entre ses 2 espèces parentales, mais cependant d'apparence plus proche de *C. spinosior* (ci-dessous à gauche) que de *C. fulgida*. Si les individus de *C. fulgida* de Florence sont relativement similaires à ceux des autres populations, les individus de *C. spinosior* sont différents de ceux des autres populations et ont de fortes ressemblances avec *C. x kelvinensis* : tout laisse penser que les individus de *C. spinosior* ont récupéré des gènes de *C. fulgida* à travers des rétrocroisements limités avec l'hybride *C. x kelvinensis*.

Comme souvent chez des hybrides, *C. x kelvinensis*, avec ses 33 chromosomes, est une plante triploïde quasiment stérile (quelques rares graines sont produites, dont on ne sait si elles le sont par apomixie ou par reproduction sexuée). Ce simple constat pourrait laisser penser qu'une des espèces parentales a fourni à l'hybride 2 fois plus de chromosomes que l'autre espèce : effectivement, le fort pourcentage de plantes triploïdes dans la population de *C. fulgida* (25% versus 0% chez *C. spinosior*) pourrait laisser penser que *C. fulgida* est le donneur de ces gamètes non-réduits (2x) à l'origine de *C. x kelvinensis* (beaucoup d'opuntioïdes sont à la fois 2x et 3x, mais pas 4x, ce qui suggère que les hybrides triploïdes sont produits par l'union de gamètes réduits (1x) et non-réduits (2x), plutôt que par des gamètes 2x et 4x).



Mais ce scénario idéal présente quelques ratés...

D'abord, le fait que tous les exemplaires de *C. x kelvinensis* soient plus ressemblants à *C. spinosior* qu'à *C. fulgida* discrédite ce dernier comme donneur massif de chromosomes (la morphologie des hybrides dérivés de parents avec des ploïdies différentes montre que le dosage des génomes parentaux affecte l'expression des caractères, et fait que les hybrides sont plus ressemblant au parent apportant la part de génome la plus importante).

Et puis, un autre fait a été mis en évidence : il existe quelques rares individus diploïdes et fertiles dans la population de *C. x kelvinensis*, ce qui indiquerait que l'hybride est issu d'un apport de chromosomes à parts égales des 2 espèces parentales (il est à noter que la production de pollen par ces plantes hybrides diploïdes est assez déficiente, ce qui indique qu'il faut sans doute voir d'autres causes que la seule polyplôïdie à la stérilité des hybrides triploïdes).

Le scénario qui émerge alors est le suivant : *C. fulgida* et *C. spinosior* fourniraient des gamètes réduits normaux à l'origine d'un hybride diploïde de *C. x kelvinensis*. Mais *C. fulgida* serait également le pourvoyeur de gènes qui augmentent la probabilité de produire des gamètes non réduits : un ou plusieurs individus diploïdes de *C. x kelvinensis* ont produit des gamètes non réduits qui sont à l'origine des hybrides triploïdes. Cet individus triploïdes (et stériles) ont ensuite envahi la population.

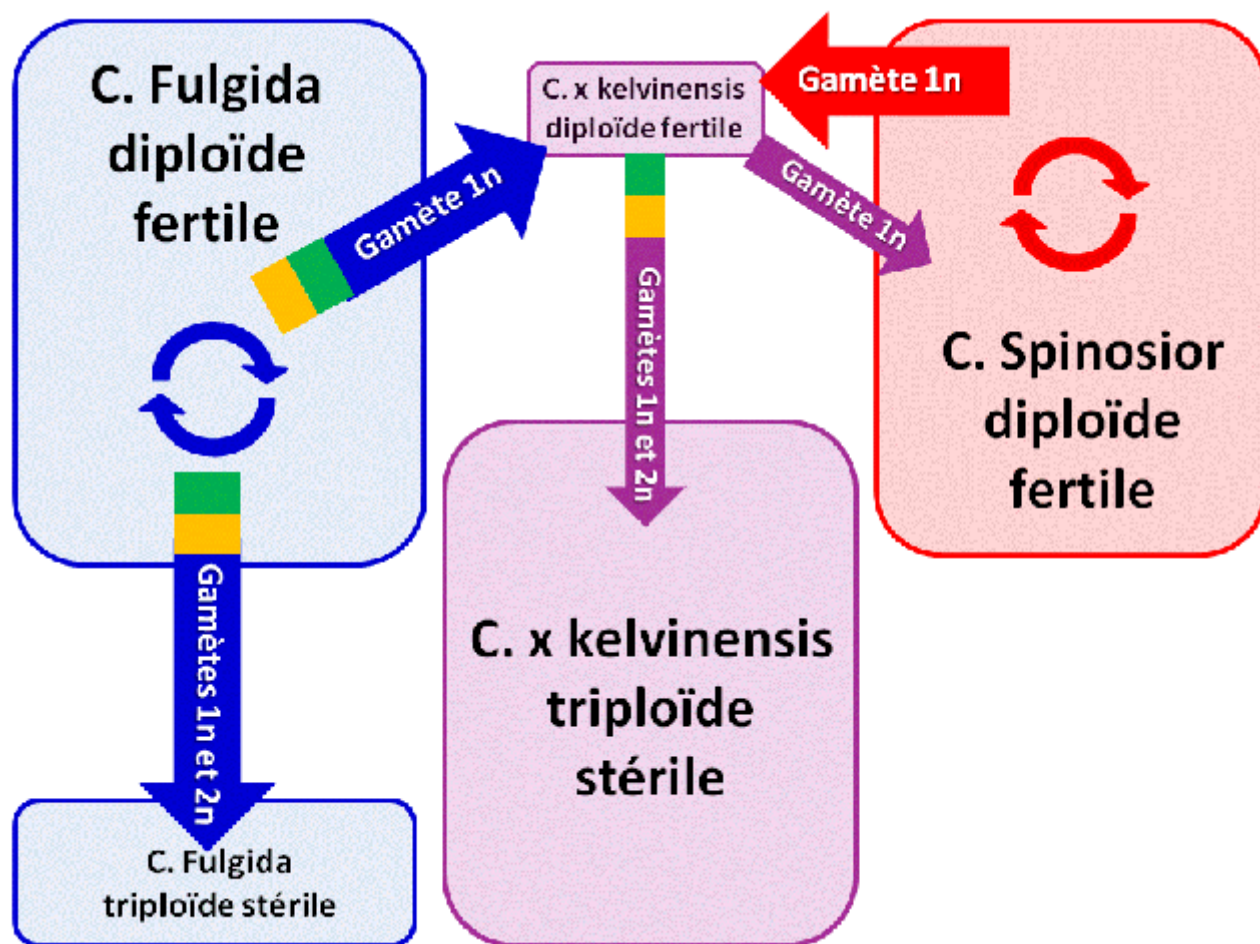
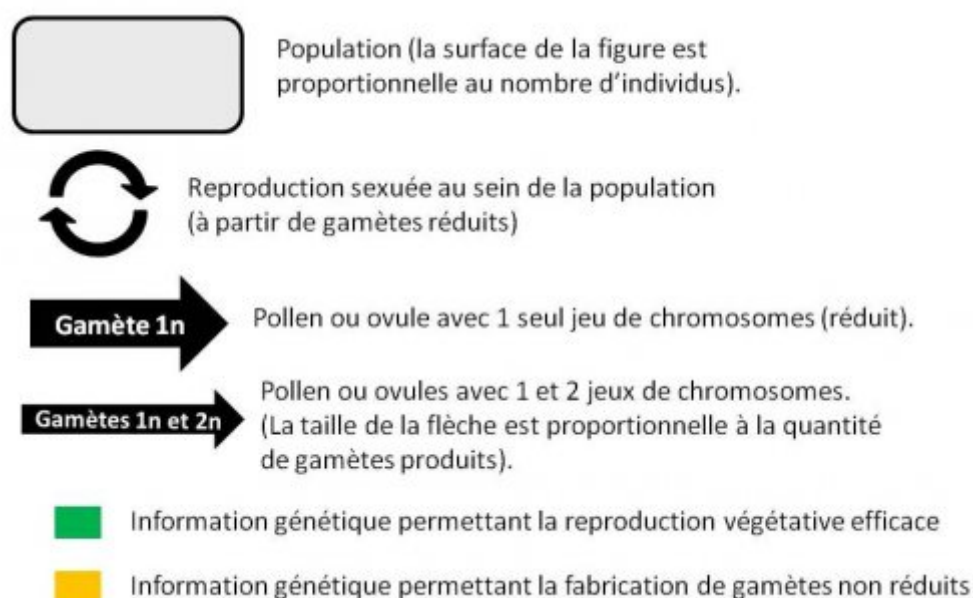


Schéma des modes de reproduction de *Cylindropuntia x kelvinensis*, *Cylindropuntia fulgida* et *Cylindropuntia spinosior*, et légende ci-dessous.



La question qui se pose est : comment les plantes stériles peuvent-elles être plus invasives que les plantes fertiles ?

Cylindropuntia x kelvinensis triploïde doit sans doute son abondance et sa large distribution dans le

milieu à un génome particulièrement bien adapté, créé par le mélange des génomes des deux espèces parentales. La triploïdie, en empêchant la reproduction sexuée, aurait permis de conserver ce génome inchangé. *C. fulgida* aurait également apporté à l'hybride l'information génétique lui permettant de se reproduire de manière très efficace à l'aide de propagule.

Si les hybrides sont souvent des culs-de-sacs évolutifs du fait de leur stérilité, c'est tout le contraire qui semble se produire ici. La stérilité, en empêchant le brassage de l'information génétique au cours des générations, pourrait être utile pour conserver intact un génotype très performant, qui serait perdu ou dilué dans la population en cas de reproduction sexuée.

Cette performance de certains hybrides est connue, c'est ce qu'on appelle l'hétérosis, ou vigueur hybride, qui résulte essentiellement d'une complémentarité des génomes parentaux. Une autre source possible de la performance biologique est la seule polyploïdie : l'augmentation du nombre de chromosomes chez beaucoup de taxons induit une vigueur et une adaptabilité supérieures à celles des plantes diploïdes.

Cylindropuntia x kelvinensis pourrait représenter le stade initial d'un processus évolutif conduisant vers une nouvelle espèce. Une évolution qui s'est sans doute produite pour une espèce proche : *Cylindropuntia bigelovii*, une plante très épineuse répandue du sud des États-Unis au Mexique.

Cylindropuntia bigelovii (photo ci-dessous) est une espèce essentiellement triploïde que l'on suppose être un hybride ancien, pour lequel les parents sont inconnus. Comme *C. x kelvinensis*, il est stérile et ne se reproduit qu'avec des propagules végétatives (la rare production de gamètes réduits et non-réduits reste cependant possible). Sa grande abondance montre que sa reproduction clonale est efficace et qu'il est très bien adapté à son milieu. Sa stérilité lui permettrait de conserver intact son génome très performant.



La reproduction par voie sexuelle permet d'entretenir la diversité génétique des individus. Mais quand un génome est performant, son éclatement à la génération suivante peut constituer une perte de

chance pour une plante, qui doit transmettre le meilleur patrimoine génétique possible à sa descendance. Il devient alors gagnant pour des individus de se retirer de cette loterie génétique qu'est la reproduction sexuée, si un moyen de reproduction plus sûr est disponible.

Des avantages de la reproduction végétative

Dans un système de reproduction ouvert comme l'est celui des plantes à fleurs, les échanges génétiques entre individus nécessitent de nombreuses règles pour fonctionner. Les divers mécanismes qui orchestrent la reproduction sexuée peuvent devenir autant de contraintes pour les individus et, quand un grain de sable grippe la mécanique, ils deviennent un obstacle insurmontable. *Consolea spinosissima* en a fait l'expérience.

Du fait de leur milieu de vie inhospitalier, les cactées sont confrontées à des difficultés particulières : même si des graines sont produites elles doivent rencontrer des conditions favorables pour germer, et les plantules doivent résister à des conditions environnementales particulièrement difficiles.

Comparativement à la reproduction sexuée, et dans certaines conditions, la reproduction végétative présente de nombreux avantages :

- Toutes les étapes de pollinisation et de fécondation nécessaires à la constitution d'un nouvel individu sont évitées. C'est grâce à cet avantage que *C. spinosissima* a pu subsister.
- Le nouvel individu qui se détache de la plante mère permet de s'affranchir des conditions aléatoires pour la germination des graines et, du fait de sa taille importante, il ne présente pas la fragilité d'une jeune plantule. C'est cette facilité de multiplication qui a permis à *H. tenuis* de constituer une population.
- La reproduction clonale conserve le génome de la plante mère à l'identique et, quand celui-ci est performant, ou quand le risque de brassage génétique lors de la reproduction est défavorable, elle constitue une assurance pour la plante mère que sa descendance conservera sa valeur sélective (fitness). *Cylindropuntia x kelvinensis* a su tirer parti de cet avantage pour conquérir son habitat.

Les 3 exemples botaniques présentés ci-dessus illustrent de différentes façons l'importance que la reproduction clonale peut prendre pour un taxon : elle représente une sortie de secours pour *C. spinosissima*, une voie obligatoire pour *H. tenuis*, et un système sélectionné par *C. x kelvinensis*.

Principales références

Reproductive biology of a rare cactus, Opuntia spinosissima (Cactaceae), in the Florida Keys: why is seed set very low? Vivian Negrón-Ortiz. Sex Plant Reprod (1998) 11:208-212.

Genetic Variability of an Unusual Apomictic Triploid Cactus — Haageocereus tenuis Ritter—from the Coast of Central Peru. Mónica Arakaki, Pablo Speranza, Pamela S. Soltis, and Douglas E. Soltis. Journal of Heredity Advance Access published October 1, 2012.

A Cytological and Morphometric Analysis of a Triploid Apomictic, Opuntia x Kelvinensis (Subgenus Cylindropuntia, Cactaceae). Marc A. Baker and Donald J. Pinkava. Brittonia, 39(3), 1987, pp. 387-401.

Pour le vocabulaire scientifique, consulter le [glossaire](#).

Auteur : [Fabrice Cendrin](#)

Publié le : 2013/01/05

La version originale de cet article est consultable sur [Le Cactus Heuristique](#)



Vous pouvez [commenter cet article](#) ou [lire les commentaires postés](#).

From:

<https://www.cactuspro.com/articles/> - **Articles du Cactus Francophone**

Permanent link:

<https://www.cactuspro.com/articles/la-reproduction-vegetative-au-seours-des-populations-3-curiousites-botaniques-chez-les-cactees>

Last update: **2015/10/22 14:24**

